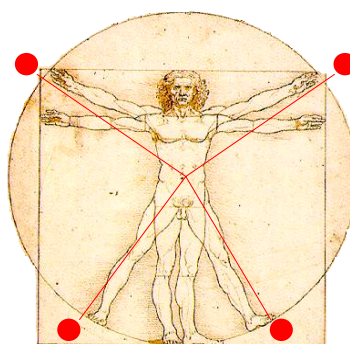


Las acequias de careo, un dispositivo pionero de recarga artificial de acuíferos en
Sierra Nevada, España. Caracterización e inventario. 1

TECNOLOGÍ@ y DESARROLLO

Revista de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente

VOLUMEN IV. AÑO 2006
SEPARATA



LAS ACEQUIAS DE CAREO, UN DISPOSITIVO PIONERO DE RECARGA ARTIFICIAL DE ACUÍFEROS EN SIERRA NEVADA, ESPAÑA. CARACTERIZACIÓN E INVENTARIO

A. Enrique Fernández Escalante, Manuel García Rodríguez y Fermín Villarroya
Gil.



UNIVERSIDAD ALFONSO X EL SABIO
Escuela Politécnica Superior
Villanueva de la Cañada (Madrid)

© Del texto: A. Enrique Fernández Escalante, Manuel García Rodríguez y Fermín Villarroja Gil.
Diciembre, 2005.

http://www.uax.es/publicaciones/archivos/TECEOC06_001.pdf

© De la edición: *Revista Tecnol@y desarrollo*.

Escuela Politécnica Superior.

Universidad Alfonso X el Sabio.

28691, Villanueva de la Cañada (Madrid).

ISSN: 1696-8085

Editor: Julio Merino García, tecnologia@uax.es

No está permitida la reproducción total o parcial de este artículo, ni su almacenamiento o transmisión ya sea electrónico, químico, mecánico, por fotocopia u otros métodos, sin permiso previo por escrito de la revista.

Tecnol@y desarrollo. ISSN 1696-8085. Vol.IV. 2006

LAS ACEQUIAS DE CAREO, UN DISPOSITIVO PIONERO DE RECARGA ARTIFICIAL DE ACUÍFEROS EN SIERRA NEVADA, ESPAÑA. CARACTERIZACIÓN E INVENTARIO

A. Enrique Fernández Escalante ⁽¹⁾, Manuel García Rodríguez ⁽²⁾ y Fermín Villarroya Gil ⁽³⁾

(1) Dr. CC. Geológicas. TRAGSATEC. Julian Camarillo 6ºB. 28037 Madrid. Tf: 91 3226106. Fax: 91 3226005. Email: efe@tragsatec.es

(2) Dr. CC. Geológicas. Departamento de Tecnología Industrial. Escuela Politécnica Superior. Universidad Alfonso X el Sabio. Avenida de la Universidad nº 1. Villanueva de la Cañada C.P. 28691. Madrid. Tlf. 918109780. E-mail: manugaro@uax.es

(3) Dr. CC. Geológicas. Departamento de Geodinámica. Facultad de Ciencias Geológicas. Universidad Complutense de Madrid. CP 28040. Tlf. 913944847. ferminv@geo.ucm.es

RESUMEN

Las acequias de careo constituyen uno de los primeros dispositivos para la recarga artificial de acuíferos de la Península Ibérica. Operativas desde el periodo musulmán, presentan un sistema de construcción y distribución del agua inteligente y todavía operativo en la actualidad, lo que constituye un ejemplo a tener en cuenta en la gestión hídrica. En este artículo se ha realizado una recopilación bibliográfica de su origen, modo de construcción y funcionamiento, actualizado el inventario existente, estudiado en qué contexto geológico fueron construidas y obtenido una serie de recomendaciones prácticas a tener en cuenta en el diseño y gestión de sistemas de recarga artificial superficial de acuíferos.

PALABRAS CLAVE: Acequias de careo, careos, recarga artificial de acuíferos, MAR, Alpujarras, Sierra Nevada, Granada.

ABSTRACT:

The "careos" system canals constitute one of the first devices for artificial recharge of aquifers of the Iberian Peninsula. Operative from the Muslim period, they present a construction system and distribution still operative nowadays, what constitutes an example to keep in mind on groundwater management. This article presents a bibliographical recompilation of their origin, construction and operation. We had upgraded the inventory on the field and finally present practical recommendations in order to the design and management of systems of superficial artificial recharge of aquifer. This paper arises from the PhD Thesis of the first author.

KEY-WORDS: Careos canals, artificial recharge of aquifers, Alpujarra, Sierra Nevada, Granada.

http://www.uax.es/publicaciones/archivos/TECEOC06_001.pdf

SUMARIO: 1. Introducción, 2. Justificación, 3. Objetivos, 4. Materiales y métodos, 5. Estado de la cuestión, 6. Adquisición de datos. Inventario, 7. Caracterización y obras de restauración, 8. Tipificación, 9. Conclusiones, 10. Agradecimientos, 11. Bibliografía, Anejo1.

1. Introducción

1.1. Antecedentes históricos de sistemas de AR en España

Los careos son, además de una vieja tradición, una técnica para el aprovechamiento de las aguas del deshielo de Sierra Nevada para alimentar a los acuíferos de las Alpujarras. Aunque su origen se remonta al menos al año 1139, documento más antiguo sobre repartimiento de agua en la comarca, según consta en crónicas históricas, publicado por M. Espinar Moreno, 1987(p. 251-252: 533, luna de Ramadán) (en Espinar, 1988 y 90, anexo 1), su empleo alcanzó cotas máximas en los últimos siglos de la época musulmana, siglos XIII a XV, cuando fue desarrollado un intrincado sistema de canalización y acequias para el aprovechamiento máximo del agua, riego y recarga artificial de acuíferos, sistema que iba acompañado de un abancalamiento del terreno.

Las acequias de careos reciben aportaciones en los tramos altos de los ríos, aguas que son conducidas hasta las laderas de la sierra, y retenidas para favorecer su infiltración por el fondo del canal y en el terreno de labor adyacente.

Algunos sistemas específicos como los River Bank Filtration (RBFs) son todavía anteriores. Esta técnica que consiste en extraer agua de los cauces fluviales filtrada y tratada por el aluvial a través de pozos perforados o excavados fuera del cauce, aparece descrita en citas bíblicas de excavación de pozos en el aluvial del Nilo para obtener agua no contaminada (Éxodo***).

“Y Moisés y Aarón hicieron como Jehová lo mandó; y alzando la vara hirió las aguas que había en el río, ...; y todas las aguas que había en el río se convirtieron en sangre.

Asimismo los peces que había en el río murieron; y el río se corrompió, que los Egipcios no podían beber de él:

...

Y en todo Egipto hicieron pozos alrededor del río para beber, porque no podían beber de las aguas del río”.

En Éxodo 7, 20-24.

En el año 2000 el Organismo Autónomo de Parques Nacionales, Parque Nacional de Sierra Nevada, llevó a cabo un inventario y reconstrucción de acequias de careo, labor ejecutada por la Empresa de Transformación Agraria (TRAGSA), Granada. El estudio estaba justificado por la necesidad de conservar la red de acequias como un elemento a conservar y apoyar, dentro de la política conservacionista del Parque Nacional (PRUG de Sierra Nevada, artículos 3 y 26). Se da la circunstancia, además, de que las acequias de careo, junto con las boqueras, constituyen dispositivos pioneros de recarga artificial de acuíferos en la Península Ibérica (Díaz Marta, 1989).

En el desarrollo de este artículo se han visitado parte de las acequias inventariadas en las Alpujarras, ladera sur de Sierra Nevada, con objeto de actualizar su inventario, avanzar en su conocimiento y obtener una serie de criterios técnicos que puedan ser aplicados en situaciones análogas, preservando la estructura originaria de los careos.

2. Justificación

La necesidad de un proyecto de actuación por parte del Parque Nacional de Sierra Nevada en la red de acequias surge a raíz de inventarios parciales realizados previamente al año 2000 (Glez. Ayestarán, 2000), y que pone de manifiesto las dificultades que atraviesa actualmente el sistema tradicional para mantener el patrimonio natural e histórico que supone la red de acequias.

En el citado inventario se llega a la conclusión de que los efectos que la red de acequias puede tener sobre el medio natural de Sierra Nevada son de gran importancia. Ayudan a mantener una vegetación de gran interés, sirven de soporte a una fauna particular y colaboran de una manera muy importante a regular el ciclo hidrológico de la región, condicionando una línea de actuaciones ineludibles para el futuro a los gestores del Parque Nacional.

El artículo 4.1 de la ley 3/1999 de creación del Parque Nacional de Sierra Nevada recoge: *“En el Parque Nacional se mantendrán y apoyarán aquellos usos y actividades tradicionales que habiendo contribuido históricamente a conformar el paisaje, sean declarados compatibles y regulado su desarrollo en el Plan Rector de Uso y Gestión”.* El uso del sistema de acequias puede considerarse una actividad tradicional que ha

contribuido históricamente a conformar el paisaje, y se puede considerar como una actividad “compatible” en virtud del artículo 3.5.d del Plan Director de la Red de los Parques Nacionales. Dicho documento sostiene: *“Los usos y aprovechamientos tradicionales practicados históricamente en los parques que no supongan un impacto negativo significativo en los procesos ecológicos se consideran compatibles y podrán mantenerse, supeditados a la conservación de los valores naturales[...]”*.

Por otra parte el Plan Rector de Uso y Gestión del Parque Natural de Sierra Nevada, en su artículo 26.1, plantea como uno de los objetivos *sectoriales* *“defender los recursos hídricos del Parque Natural como integrantes del patrimonio ambiental del mismo.”*

Las actuaciones de reparación de las acequias inventariadas están en la dirección que marca el Parque Nacional como uno de sus objetivos claves de participación en la gestión del patrimonio de acequias, mantener y apoyar la agricultura tradicional y mantener los métodos y técnicas tradicionales (Cano-Manuel y Grupo Tragsa, 2000).

3. Objetivos

El objetivo principal de este artículo es obtener información técnica a partir del inventario de la red de acequias de careo de las Alpujarras, con objeto de recopilar una serie de criterios tanto constructivos como de gestión, y estudiar si éstos pueden aportar alguna innovación a los sistemas y dispositivos de recarga artificial superficial de acuíferos llevados a cabo en escenarios análogos en la actualidad.

Para la consecución de este objetivo general se fijan los siguientes objetivos parciales:

- Conocer la situación actual de la red de acequias de careo de Sierra Nevada y describir su funcionamiento tradicional, especialmente de aquellas con un grado de preservación suficiente para su estudio.
- Conocer la organización de los agricultores que utilizan este sistema, actualmente gestionado por comunidades de regantes sobre una base histórica que se remonta a sus inicios. Esta perspectiva histórica ayudará a comprender el valor cultural, etnológico y natural de la red de acequias, especialmente las de careo, y obtener criterios de gestión.

- Además de su organización se presta un especial interés en el tipo de materiales empleados y las técnicas utilizadas, estudiando qué problemas técnicos han sido los que más frecuentemente se han planteado y cómo los han resuelto históricamente, obteniendo así criterios para la obra civil relativos a su reconstrucción, mantenimiento y nuevos diseños.

4. Materiales y métodos

El estudio ha sido de carácter secuencial, y consta de las fases siguientes:

1º. Revisión bibliográfica tanto de crónicas históricas como de aquellos aspectos relacionados con la red de acequias, tales como aspectos agronómicos, hidrológicos, etnográficos, históricos y culturales. A este respecto cabe destacar los trabajos realizados por el Grupo Tragsa para el PN de Sierra Nevada a lo largo del año 2000, como etapa previa a las obras de restauración de determinadas acequias. Estos sistemas han sido cargados en un sistema de información geográfica (GIS) que asocia una base de datos con cada entidad física.

2º. Delimitación de la zona de estudio, que ha quedado inscrita dentro del marco donde se desarrollaron los trabajos citados: el sistema de acequias de montaña dentro del PN de Sierra Nevada, quedando las vegas aluviales fuera del inventario y algunos sistemas de acequias de montaña más recónditos, como es el barranco del Poqueira.

3º. Encuestas a las Comunidades de Regantes y revisión de las concesiones inscritas en las Confederaciones Hidrográficas del Guadalquivir y Sur. Cabe destacar que gran número de expedientes se empezaron a tramitar en los años 50 y 60. Con estos datos se ha llevado a cabo una primera aproximación al sistema de gestión tradicional acerca del reparto del agua, conflictos surgidos en el seno de las Comunidades, etc.

4º. Visita al campo para estudiar el grado de preservación de ciertas acequias preseleccionadas del inventario, así como los materiales y las técnicas constructivas empleadas. Para ello ha sido clave la colaboración de las Comunidades de Regantes, principales gestores de la infraestructura, y de la población local. Se ha prestado una atención especial a identificar los problemas geotécnicos (zonas de inestabilidad), la naturaleza del canal, los materiales empleados dada la importancia de esta característica en el comportamiento de la acequia y la presencia de vegetación en sus márgenes.

5°. Actualización de la base de datos iniciada en el año 2000 y estudio de criterios técnicos en gabinete derivados en gran medida de la efectividad de las actuaciones de restauración llevadas a cabo.

5. Estado de la cuestión

En gran parte de Sierra Nevada la influencia humana ha condicionado el medio natural desde muy antiguo. Las acequias son canales para conducir agua que, en su forma tradicional, están excavadas en tierra o en roca. Forman una parte importante del agroecosistema resultante de la interacción de la actividad humana con el entorno (Cano-Manuel, 2000).

Su utilidad va más allá del transporte de agua desde los cauces hasta los campos de cultivo, cobrando una gran influencia hidrológica en sus cuencas y, en este caso concreto, contribuyendo a la recarga artificial de los acuíferos. Atendiendo a su función se diferencian dos tipos de acequias en Sierra Nevada:

- Acequias de riego: Su principal función es el transporte del agua a los cultivos, generalmente desde los cauces fluviales a sistemas abancalados (Navarro, 1983).
- Acequias de careo: Su función es facilitar la infiltración del agua que corre por los cauces, principalmente en zonas de bajas pendientes durante el período de deshielo (primavera), para aprovechar estos recursos para el regadío en el periodo estival, disponiendo así de una cantidad más regular de agua durante todo el año.

Para conseguir esto el agua se “carga” por estas acequias durante el invierno y la primavera y se conduce a unas zonas más o menos llanas donde se deja que se infiltre. Cada acequia tiene sus zonas de recarga llamadas *simas* o *cimas*.

En las acequias de riego la infiltración también tiene gran importancia, tanto para mantener el agua en la cuenca durante más tiempo como para el desarrollo de una vegetación especial en torno y por debajo de la acequia, aumentando así la diversidad de hábitats de la sierra.

El sistema socio-económico que ha permitido el desarrollo y el mantenimiento de estas acequias está actualmente en crisis, y muchas acequias ya han desaparecido, suponiendo su pervivencia un reto para las administraciones que gestionan esta zona.

Permanece la figura del acequero como encargado de la gestión desde el periodo musulmán y única persona autorizada para controlar las compuertas (Al- Mudayna, 1991 y Vidal, 1995).

Para estudiar su efectividad se ha realizado la superposición en un GIS de la red de acequias de careo sobre la cartografía geológica del área, añadiendo además otras coberturas geográficas, cuyo resultado se presenta en las figuras 3 a 7.

6. Adquisición de datos. Inventario

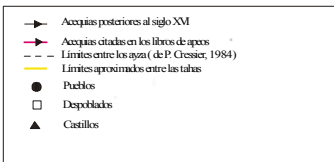
Según el inventario del año 2000 (en Cano-Manuel y Grupo Tragsa, 2000), las acequias de careo son más frecuentes e importantes en la parte oriental de Sierra Nevada, zona donde quedan ubicadas las menores altitudes de la cordillera, donde además se recogen menores precipitaciones y por consiguiente la necesidad de regulación del agua es mayor. Se han catalogado y definido un total de 23 acequias de careo dentro de las 127 inventariadas. Su descripción y catalogación se presenta en la tabla 1 y en la figura 1.

Nombre	Río de la toma	Estado de conservación
Del Espino	Chico de Bérchules	Un poco abandonada
Bérchules	Trevélez	Bueno. Problemas de estabilidad. Abastecimiento urbano
Mecina	Grande de Bérchules	Bueno
De la Mogea	Nechite	Bueno
Del Horcajo	Mecina	Hormigonada casi en su totalidad. Riego y careo
Yegen	Mecina	De tierra. Bien conservada
De los Vadillos	Válor	De tierra. Bien conservada. Riego y careo
Del Monte	Válor	De tierra. Bien conservada
De la Loma	Válor	Bueno
De la Fuente del Espino.	Nechite	Bien cuidada. Tiene un tramo al comienzo hormigonado y el resto es de tierra
Del Boy	Laroles	Bueno. Muy bien conservada
Nueva de Bayarcal	Bayarcal	Bueno. Pequeña acequia de tierra
De las Hoyas	Andarax	Bueno. Pequeña acequia de tierra
Del Pecho	Andarax	Bien conservada. Hay una pista a lo largo de gran parte de su recorrido

Del Maguillo	Río del Pueblo	Bien conservada
Del Prado Llano	Río del Pueblo	Bien conservada
Del Prado Largo	Río del Pueblo	Bastante descuidado. Problemas graves de estabilidad
De careo de Beires	Andarax y Ohanes	Regular. Su uso no es el oroginario por pérdida de la cultura de los careos en la zona
Del Garbanzal	Ohanes	Bueno. La primera parte aprovecha un antiguo canal de una central hidroeléctrica
Del Canal	Ohanes	Un poco descuidado
De Tices	Ohanes	Abandonada recientemente. Algún tramo aun se usa para extender los pastizales de montaña
Del Corazón	Río Alhorí	Bueno
Del Jaral	Río Alhorí	Bueno

Tabla 1: Inventario de acequias de careo en Sierra Nevada.

Figura 1. Las redes de acequias de la Alpujarra Alta. Plano ejecutado a partir de los datos de los libros de Apeo (1572- 1575) disponibles en el Archivo de la Real Chancillería de Granada. Cartografía con la ubicación del inventario de acequias de careo en Sierra Nevada (Fuente: PN Sierra Nevada-Grupo Tragsa, 2000).



Leyenda de la Figura 1

<i>Ab: Albayar</i>	<i>Fr: Ferreirola</i>	<i>Sp: Soportújar</i>
<i>Ac: Alcútar</i>	<i>Ga: Alguaztar</i>	<i>St: Sortes</i>
<i>Am: Almegijar</i>	<i>Gd: Godco</i>	<i>Ti: Tíjola</i>
<i>At: Atalbeitar</i>	<i>Hc: Haratalhachin</i>	<i>Tm: Tímar</i>
<i>Ay: Aylacar</i>	<i>Jv: Juviles</i>	<i>To: Torilas</i>
<i>Bb: Bubión</i>	<i>Lo: Lobras</i>	<i>Tr: Trevélez</i>
<i>Be: Los Bérchules</i>	<i>Ma: Mecina Alfahar</i>	<i>Va: Valor</i>
<i>Bj: Barjal</i>	<i>Mb: Mecina Bombarón</i>	<i>Vo: Velezmin</i>
<i>Bq: Busquístar</i>	<i>Mf: Mecina Fondales</i>	<i>Ya: Yátor</i>
<i>Bs: Benisiete</i>	<i>Na: Narila</i>	<i>Ye: Yegen</i>
<i>By: Bayacas</i>	<i>Ne: Nechite</i>	<i>I: Fuerte de Orgiva</i>
<i>Bz: Benisalte</i>	<i>Ni: Nieves</i>	<i>II: Castillejo de Poqueira</i>
<i>Ca: Cádíar</i>	<i>Nt: Notáez</i>	<i>III: Mezquita de Busquístar</i>
<i>Cc: Capileira</i>	<i>Or: Orgiva</i>	<i>IV: Fuerte de Jubiles</i>
<i>Cñ: Cañar</i>	<i>Pg: Pórtugos</i>	<i>V: Castillo de los Bérchules</i>

<i>Cp: Capilerilla</i>	<i>Pl: El Portel</i>	<i>VI: Castillo de Cádiz</i>
<i>Cs: Cástaras</i>	<i>Po: Pago</i>	<i>VII: Castillejo de Godco</i>
<i>Ct: Carataunas</i>	<i>Pp: Pampaneira</i>	<i>VIII: Piedra Fuerte de Yegen</i>
<i>Fe: El Fex</i>	<i>Pt: Pitres</i>	<i>IX: Castillejo de Valor</i>

De las 36 obras de restauración realizadas por dicha entidad, al menos siete se han llevado a cabo en acequias de careo. Estas actuaciones han permitido tipificar criterios constructivos y regenerativos para sistemas de recarga artificial de acuíferos, que son descritos a continuación.

7. Caracterización y obras de restauración

En este apartado se ha pretendido estudiar los rasgos comunes para las acequias de careo, y especialmente, el estudio de las características geológicas de los terrenos por donde discurren, con objeto de estudiar en que grado se tenía en cuenta la litología del sustrato en el diseño del trazado, como criterios complementarios a la ubicación de las huertas y zonas de riego y a la topografía de la zona.

En las actuaciones de obra llevadas a cabo por el Grupo Tragsa fueron identificadas hasta 36 tipologías de afección, que conllevan la aplicación de ciertas medidas correctoras. La agrupación de estas en actuaciones homogéneas en base a su aplicación desprende los siguientes grupos:

7.1. Actuaciones geotécnicas

- Consolidación de tramos muy inestables, siendo preciso reconstruir por completo el balate sobre el que discurre el canal. Para ello se realizó una limpieza previa de la vegetación cuyas raíces ejercían efecto de cuña y eliminar los restos del balate antiguo, conservando las piedras preexistentes y la tierra para el balate nuevo. Se buscaron además piedras similares a las existentes en la zona para dicha reconstrucción, que debido a la orografía fueron transportadas con acémila.
- Construcción de nuevos muros de mampostería hidráulica (Barceló, 1989 y 1996), sin labra de la piedra y arreglada con martillo. La altura media es de 3 m y una anchura de 0,5 m, si bien en otras zonas el muro previo es de 2 x 1,5 m².

- Dada la inestabilidad tectónica de la zona y su acusada pendiente, en algunos casos ha sido preciso eliminar con martillo eléctrico parte de una gran piedra que había caído en el canal, obstaculizando el paso del agua y posibilitando la formación de tapones con el peligro de rotura que ello supone. Con objeto de estabilizar la ladera y evitar nuevas caídas se han construido balates de mampostería en seco. Estos balates facilitan además operaciones de limpieza.

- En otros casos se han construido pequeños muros de mampostería en seco para corregir la erosión producida en una zona donde la acequia sufrió un reventón en el pasado y donde hay un fuerte proceso erosivo. Los muros se han construido escalonados en el barranco, aguas abajo de la acequia.

- En determinados casos la mampostería se ha consolidado con barro de la propia zona donde se va a construir, al tratarse de una zona de nacimientos de agua.

Las laderas con graves procesos de erosión remontante en zonas de sumideros kársticos han sido dotadas de muros de piedra para atajar la erosión, junto con caños de desagüe, separados 3 m entre sí por debajo de la pista para evitar que el agua que aflore en la pista se concentre por en un único punto.

7.2. Actuaciones constructivas

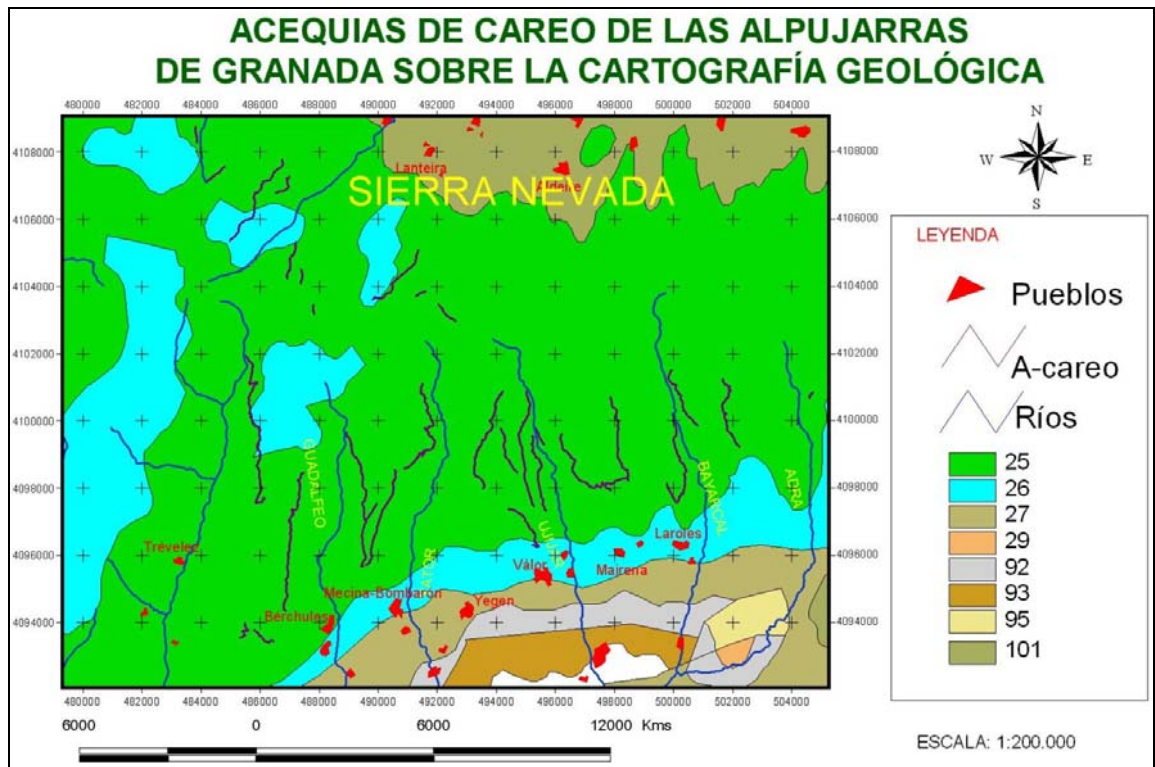
- El canal en zonas impermeables ha sido reconstruido en caja de hormigón con una sección de 80 cm de anchura y 50 cm de altura. La anchura es de 50 cm en otros tramos.

Se han renovado las compuertas en los diferentes partidores de la acequia para facilitar a los acequeros la tarea de repartir el agua. Para ello se han construido pequeños muretes de mampostería careada, insertando en ellos las guías de metal por las que se desliza la compuerta de metálica con un asa en la parte superior y con una cadena soldada introducida en el mortero para evitar que se pierda la compuerta.

7.3. Otras actuaciones regenerativas

La restauración vegetal para consolidar la obra se ha realizado por plantación de estaquillas de sauce, presentes en la zona, distanciadas entre sí 1 m.

La mayor parte de las obras se consolidarán con una plantación lineal de arbustos en la parte superior del muro.



Leyenda:

- 25.- Micaesquistos grafitosos con granates (M. del Veleta)
- 26.- Anfibolitas, serpentinitas, micaesquistos, y mármoles (M. del Mulhacén)
- 27.- Neises, migmatitas, micaesquistos, esquistos, filitas, mármoles, calizas, y dolomías (M. Alpujárride)
- 29.- Dolomías, areniscas, conglomerados, arcillas y margas
- 92.- Conglomerados, calizas y margas. Margas con olistostromas de origen diverso
- 93.- Conglomerados, areniscas, arcillas, calizas y yesos
- 95.- Conglomerados, calcarenitas, calizas arrecifales, areniscas y margas con niveles turbidíticos
- 101.- Conglomerados, gravas, arenas, areniscas, arenas, limos y arcillas. Terrazas fluviales y marinas

Figura 3. Proyección de las acequias de careo de Sierra Nevada sobre la cartografía geológica a escala 1:200.000

Estas actuaciones pueden ser consideradas “habituales” para las operaciones de mantenimiento, vigilancia y control de los sistemas de recarga artificial de acuíferos superficiales.

Además de las actuaciones “genéricas”, a continuación se describen las llevadas a cabo en las acequias de careo consideradas más emblemáticas por su tamaño y grado de preservación. En estas se ha estudiado detenidamente el sustrato geológico por donde discurren, georreferenciando las acequias, las cartografías de la serie MAGNA a escala 1:50.000 números 1.027, 1.028 y 1.042 y la ortoimagen digital de la zona (Junta de Andalucía, 2004). Para ello se han empleado las aplicaciones informáticas Arc/view 3.2 y Surfer 8.

A continuación se presentan las actuaciones comunes como criterios constructivos y el estudio pormenorizado de la geología del sustrato en cuatro acequias seleccionadas por su importancia y relevancia, que son las de Mecina-Bombarón, Válór, Trévez y Bérchules.

- Mecina-Bombarón.

Mecina-Bombarón dispone de un sistema de acequias muy bien desarrollado. Dada su ubicación en la Alpujarra seca, la importancia que desempeñan las acequias de careo es grande. Las más importantes son la acequia de Bérchules y la del Horcajo.

La acequia de Bérchules o de Mecina es la mayor acequia de careo de toda Sierra Nevada y se encuentra en buen estado de conservación. Lleva agua del río Grande de los Bérchules hacia la cuenca del río Mecina y en su recorrido se pueden encontrar cerca de 20 simas donde se reparte el agua, siguiendo el reparto (que es llevado a cabo mediante un sistema de compuertas por un requiero) unas complejas normas. La acequia Nueva lleva el agua del río Mecina hacia una sima para retrasar la época de salida de agua de la cuenca, con objeto de que el río disponga de un mayor caudal en verano.

La Comunidad de regantes está constituida legalmente como ente jurídico y dispone de más recursos que otras comunidades para mantener su gran patrimonio de acequias. Asimismo, las normas tradicionales de reparto y gestión del agua son respetadas sin grandes variaciones (*Cara, 1989; Ben Sbih y Pulido Bosch, 1996*).

La superposición de su trazado sobre la cartografía geológica (figura 4) permite ver que la totalidad de la acequia discurre sobre micaesquistos y cuarcitas feldespáticas del Manto del Veleta (Unidad de la Ragua), con varias fases de metamorfismo sobrepuestas y una fuerte esquistosidad y variada en cuanto a orientaciones se refiere, dado el alto

grado de tectonización del área. Esta misma tectonización confiere al sustrato un comportamiento acuífero por fracturación y figuración, al que habría que añadir una nueva capacidad para albergar agua por microfisuración (tipología de acuífero conocida sin criterio técnico como de “porosidad triple”).

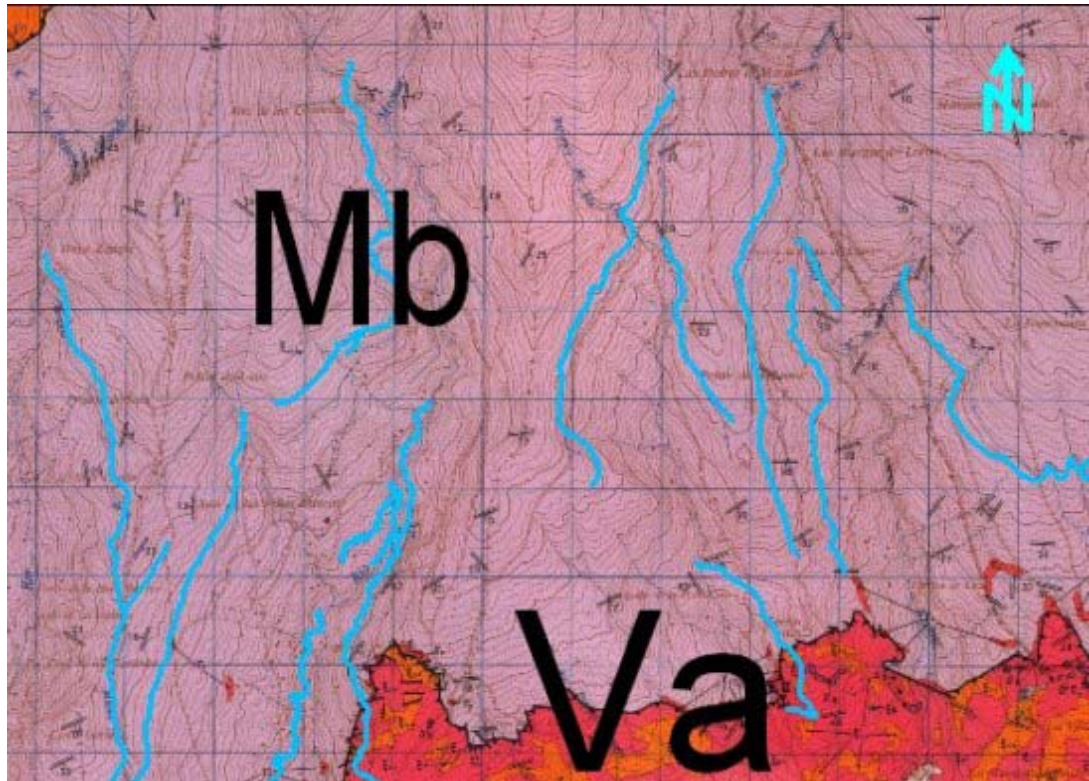
La acequia principal está conectada con la red de drenaje superficial en varios puntos de su trazado.

- Válor

Válor dispone de un sistema de acequias de careo bien desarrollado y en buen estado de conservación. La Comunidad de Regantes gestiona tres acequias de careo: Las acequias de los Vadillos, de la Loma y del Monte. Dada la importancia de los careos para el abastecimiento de la población, el ayuntamiento colabora en el mantenimiento de estas acequias con peones. El agua que llevan se reparte toda la época de careos por las mismas simas.

Hay además seis acequias principales de riego en Válor, que se encuentran hormigonadas, lo que ha supuesto la desaparición de algunos rodales de castaños y otros árboles, cuyos restos aun es posible distinguir.

La superposición de su trazado sobre la cartografía geológica (figura 4) permite apreciar dos zonas bien diferenciadas, una correspondiente a la “cabecera”, donde discurre por materiales similares a la acequia de Mecina-Bombarón, y un segundo sector, en el que, tras atravesar el despegue del manto de corrimiento de la Unidad de Mairena, discurre sobre las anfíbolitas, neises y serpentinitas de las facies Caldera. El comportamiento como acuífero es similar al anterior, si bien cabe esperar un grado de fracturación mayor, especialmente al atravesar los diques de mármoles con tremolita (datados del triásico con dudas) en la falda sur del monte Cerrón. Es en este sector donde la acequia de careo pierde más caudal por infiltración por su lecho y paredes, recargando el acuífero.



UNIDAD DE MAIRENA (Caldera)

¿TRIÁSICO?	Δ_X
¿PERMICO-TRIÁSICO INF?	ξ_A ξ_{ph} ξ_m Σ σ_o
PALEOZOICO (y PRECAMBRICO?)	ξ_{ld}

- Δ_X Mármoles con tremolita
- ξ_{ph} Micasquistos feldespáticos con anfibol
- ξ_m Gneises moscovíticos
- Σ Serpentinitas
- ξ_A Anfibolitas
- σ_o Peridotitas piroxénicas,
- ξ_{ld} Micasquistos con distena y cloritoide

MANTO DEL VELETA

UNIDAD DE LA RAGUA (LAS YEGUAS)

¿PERMICO-TRIÁS?	γ_p
PALEOZOICO (y PRECAMBRICO?)	ξ_A ξ_{VPdb}

- γ_p Cuarzitas feldespáticas
- ξ_{VPdb} Micasquistos grafitosos con feldespato, cloritoide y biotita
- ξ_A Anfibolitas

Figura 4. Trazado de los sistemas de acequias de careo de Mecina Bombarón y Valor sobre la cartografía geológica de la serie MAGNA nº 1.028 y leyenda.

- Trévez

El pueblo más alto de España presenta ciertas dificultades de acceso de la mayor parte del territorio. Este hecho, unido a la pervivencia de la agricultura y la necesidad del regadío para el cultivo de pastizales o cultivos forrajeros, han permitido una buena conservación de la red de acequias tradicional y una escasa presencia de “nuevos materiales”. Las técnicas y procedimientos tradicionales de construcción y reparación de las acequias persisten en la actualidad, con mampostería húmeda y barro.

La superposición de su trazado sobre la cartografía geológica (figura 5) permite ver que la acequia ha sido construida a favor de la topografía sobre una unidad relativamente homogénea constituida por un pequeño afloramiento de cuarcitas feldespáticas en cabecera, donde capta además de las aguas de escorrentía una fracción de aguas subterráneas, y discurre por los micaesquistos grafitosos del Manto del Veleta, Unidad de la Ragua.

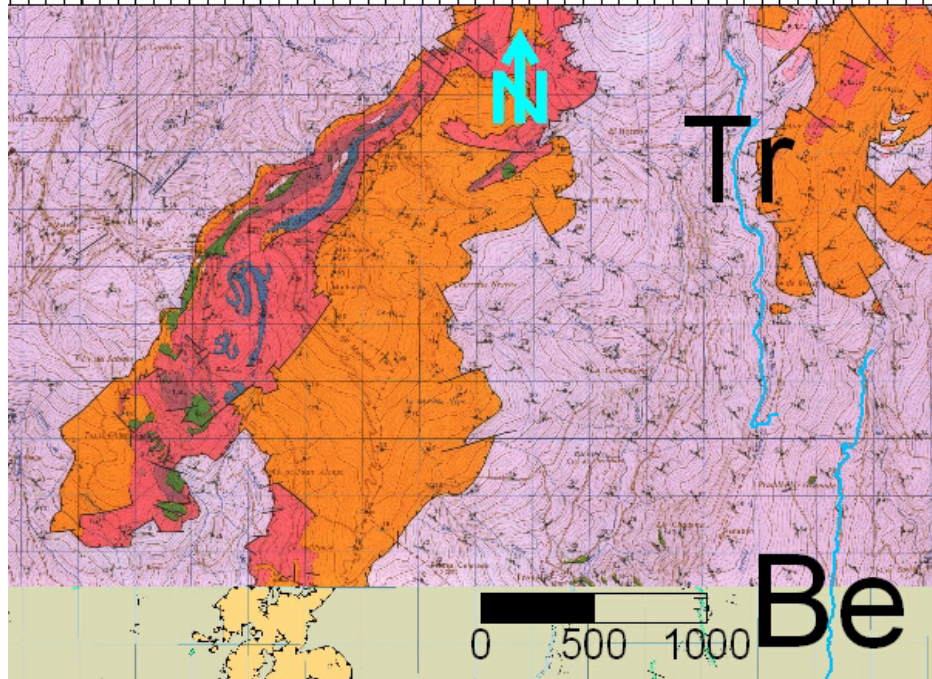
Su comportamiento como acuífero (o acuitardo) es limitado, presentando una mayor conexión con las aguas subterráneas en cabecera y en sectores puntuales donde recarga el manto de alteración (con mayor capacidad para almacenar aguas), sin atravesar fallas de importancia en su trazado, por lo que el terreno restante alberga aguas subterráneas por figuración y microfisuración.

- Bérchules

En Bérchules las acequias de riego tienen importantes tramos de obra, aunque conservan otros tramos de tierra que son importantes para una determinada vegetación, especialmente castaños. La Comunidad de Regantes es reticente a mantener las acequias de tierra y prefieren las soluciones de obra. Los conocimientos de técnicas y procedimientos tradicionales se están perdiendo poco a poco, dada la preferencia a recurrir a soluciones de obra en aras de la mayor producción agrícola. Sin embargo la Comunidad conserva bastantes recursos y capacidad para gestionar un patrimonio de dos grandes acequias de riego y otras dos de careo.

La superposición de su trazado sobre la cartografía geológica (figura 5) permite ver que discurre por los micaesquistos grafitosos del Manto del Veleta, unidad que no representa

un acuífero de importancia salvo en su manto de alteración (zonas de acequias de “tierra”, por tanto, su capacidad para recargar los acuíferos es limitada en general.



Las acequias de careo, un dispositivo pionero de recarga artificial de acuíferos en Sierra Nevada, España. Caracterización e inventario. 21

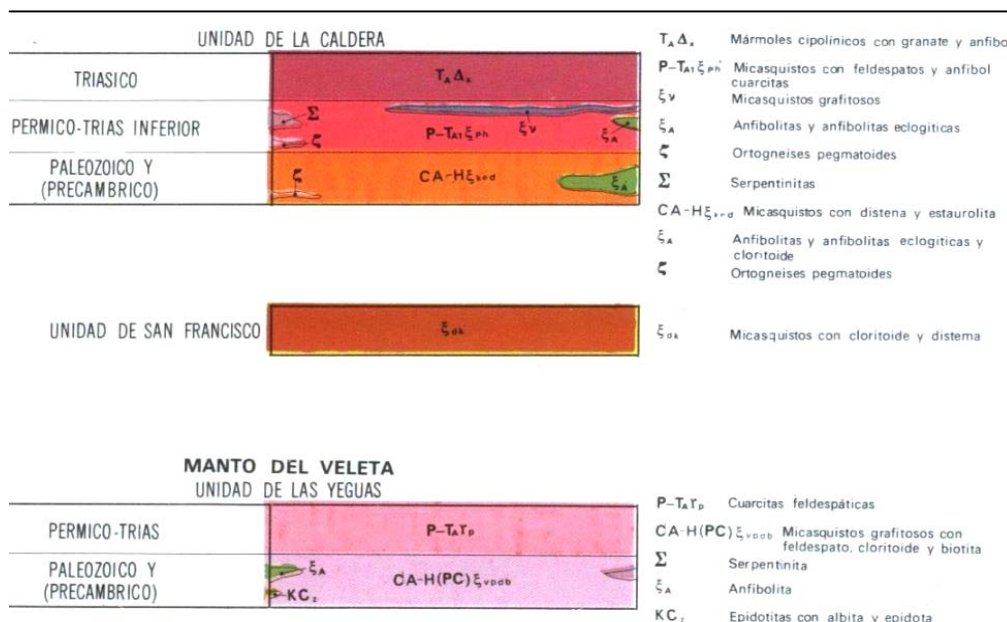


Figura 5. Trazado de los sistemas de acequias de careo de Trévez y Bérchules sobre la cartografía geológica de la serie MAGNA nº 1.027 y una franja de la hoja 1.042.

En definitiva se aprecia una tendencia general a construir acequias de careo desde cauces fluviales que discurren por el manto de alteración de rocas cuyo comportamiento hidrogeológico se considera acuífugo, si bien presentan mantos de alteración importantes del macizo metamórfico, donde el regolito adquiere potencialidad acuífera (Castillo et al, 1996), con un grado de tectonización tan alto que permite albergar un volumen apreciable de aguas subterráneas. Especial atención reciben los pequeños afloramientos marmóreos con abundancia de simas y sumideros kársticos, donde se infiltra el agua para recargar los acuíferos.

En general hay varias fuentes y caños de drenaje donde se aprovechan esta agua en la época estival. La mayor parte de estas fuentes se originan al cortar la topografía la capa freática en las zonas del manto de alteración superficial y el desarrollo de pequeñas formaciones cuaternarias de entidad tan escasa que no han sido cartografiadas en los mapas geológicos a la escala de trabajo que tienen.

También hay varios sistemas de acequias de menor pendiente (adicionales a las aquí analizadas) que serpentean por el abancalado, fomentando la recarga artificial de acuíferos detríticos cuaternarios de diversas tipologías (piedemontes, etc.), bajo los

cuales subyacen formaciones calcáreas o bien metamórficas de baja permeabilidad (en general filitas, esquistos y calcoesquistos).

Las acequias de riego y hormigón de fondo impermeable atraviesan, en general, afloramientos de rocas impermeables, generalmente metamórficas de bajo grado, captando además aguas de escorrentía en algunos tramos (Ayuso et al, 1986).



Figura 6. Acequia de careo de Lanjarón tras su restauración.

8. Tipificación

Las principales etapas del proceso constructivo y regenerativo han sido tipificadas, desprendiendo una serie de actuaciones específicas aplicables a los sistemas de recarga artificial de acuíferos de tipo superficial, bien sea durante su diseño y construcción o bien durante las etapas de mantenimiento, vigilancia y control e incluso ante un eventual programa de emergencia.

Las actuaciones, de carácter eminentemente práctico, han sido desglosadas del siguiente modo:

Desbroce del matorral

Eliminación de la vegetación arbustiva existente, de forma manual o mecanizada.

Excavación de muro existente

Retirada con herramientas manuales del material suelto que forma el muro y almacenamiento de las piedras para su posterior recuperación.

Construcción del canal de media caña de hormigón armado y bordes de mampostería hidráulica

Esta operación consiste en crear tramos de acequia de gran resistencia y fondo impermeable que discurran sobre tramos conservativos del acuífero (de escasa capacidad de infiltración). Cuentan con capas de 10 cm de hormigón armado sobre el canal de tierra. La morfología inicial es respetada, si bien se elevan los bordes del canal con mampostería careada (Rodríguez de Velasco, 1993 y Medina, 1996). (figura 7 a) y mortero. El borde a elevar tiene una anchura de unos 30-40 cm.

Construcción de canal en caja de hormigón

El canal construido es de sección rectangular, con solera de hormigón armado de un mínimo de 5 cm de espesor. Las paredes tienen un grosor de 20 cm y son puestas en obra con encofrados.

Construcción de canal de tierra

Esta operación consiste en la apertura con herramientas manuales (azadas, picos y palas) de una zanja para permitir el paso del agua, elevando la parte exterior con los materiales extraídos y almacenados para impedir la salida de agua, fomentando así la recarga artificial del acuífero por infiltración directa en dispositivo tipo fosa.

Desplazamiento manual del canal hacia la parte superior de la ladera

Esta operación consiste en elevar la cota del canal en una determinada longitud para evitar problemas de embalsamientos de agua en los tramos menos favorables. Para ello se excava el borde interior de la acequia, volcando el material sobre el fondo y su parte exterior hasta conseguir la altura necesaria. En este tipo de obra es fundamental medir con exactitud la pendiente longitudinal resultante, que ha de ser mayor de 0,1 % en todo su recorrido para que el agua pueda circular. Se lleva a cabo mediante procedimientos manuales o con un tractor de orugas, y el acabado con herramientas manuales.

Aumento de la cota de la solera del canal mediante el aporte de tierras

Esta obra consiste en la elevación de la cota del canal en puntos en que se producen embalsamientos hasta alcanzar la cota buscada preservando la pendiente establecida.

Protección del canal con lajas

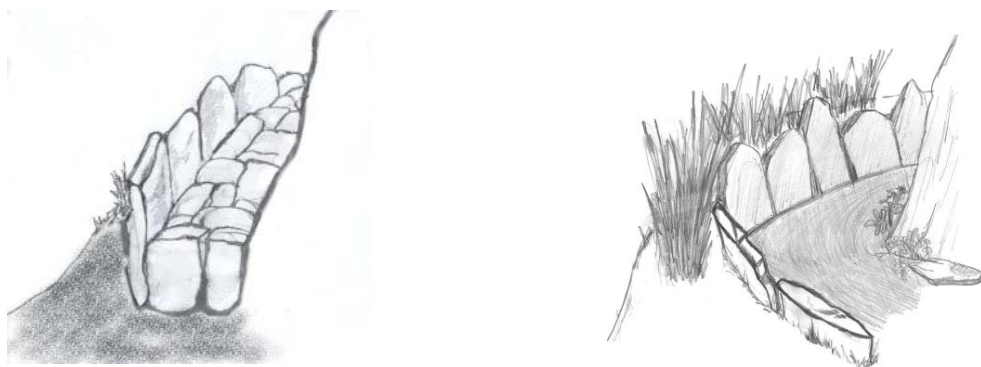
Esta obra consiste en proteger uno o los dos bordes del canal con grandes piedras planas de la zona, denominadas *lajas*. Las piedras se deben introducir unos 5-10 cm en el fondo del canal para una correcta sujeción y se deben colocar imbricadas de manera que la situada aguas arriba esté montada sobre la siguiente (Fig. 7 b).

Introducción de piedras en la solera del canal

Consiste en la excavación de la solera y la introducción de piedras enterradas en su mayor parte en la tierra, dejando al exterior las caras más planas de manera que queden los menos huecos posibles.

Ensanche del canal en puntos específicos

Esta obra consiste en el aumento de la sección del canal en puntos en que este atraviesa tramos de rocas mediante martillo eléctrico y grupo electrógeno. La ampliación de la anchura y profundidad del canal es específica para cada caso. En algunos casos es preciso instalar tubos de PVC o polietileno.



Figuras 7 a) y b). Dibujos que describen la estructura constructiva de las acequias de careo en las Alpujarras (Granada). Algunas de estas acequias, que fueron construidas por los musulmanes hace más de 600 años para favorecer la infiltración del agua del deshielo de Sierra Nevada en los acuíferos de la vega, están bien preservadas en su mayoría y sujetas a un régimen de organización y gestión específico. (Dibujos de mampostería hidráulica por cortesía de Cano-Manuel y del Grupo Tragsa de Granada). a) Estructura del canal protegido por piedras enterradas en tramos de gran pendiente y sujetos a un fuerte desgaste. b) Lajas protegiendo el borde exterior del canal.

Ensanche y elevación de puente tradicional

La actuación se basa en la elevación del canal en un punto en el que atraviesa arroyos o barrancos mediante un puente tradicional. Para ello se elevan los pilares con piedras y lajas consolidadas con barro de la propia acequia. Sobre ellos se apoyan vigas de castaño, sobre estas piedras planas de las inmediaciones de la acequia y encima tierra, barro y ramas de las inmediaciones, simulando el sistema constructivo tradicional de los musulmanes. Finalmente en los bordes de la estructura se elevan unos balates, consolidados también con barro de la propia acequia, para que el agua discurra por el centro del puente (Figura 8).

Elevación de los bordes del canal mediante mampostería hidráulica

La finalidad de esta obra es evitar que el agua se salga en determinados tramos donde el canal se estrecha o se embalsa o donde el borde es de escasa altura. Este borde se eleva la altura calculada con mampostería construida con piedras recogidas en los alrededores de la acequia y mortero. Su anchura es, por lo menos, de 30 cm.

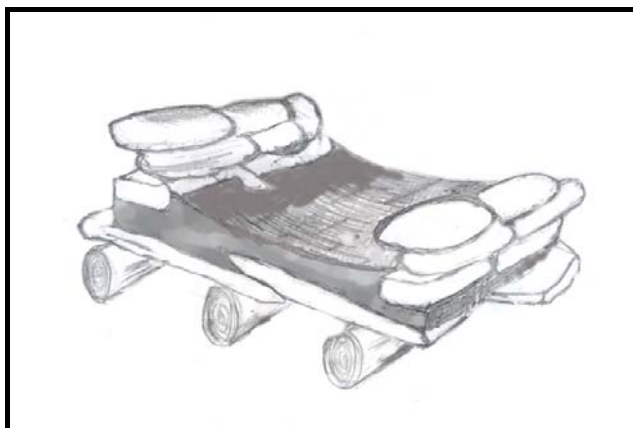


Figura 8. Puente construido con vigas de castaño, lajas, piedras, tierra y tarquín (Dibujo por cortesía de Cano-Manuel y del Grupo Tragsa de Granada).

Construcción de muros de mampostería hidráulica

Para conseguir una adecuada consolidación del muro se debe picar el terreno sobre el que se va a asentar con herramientas manuales, eliminando el material poco consolidado y preparando una base de mortero sobre la que se elevará el muro con apoyo de un andamio modular.

Construcción de muros de mampostería en seco

Esta obra consiste en la elevación de muros de mampostería en seco, de dimensiones específicas en cada caso concreto, con materiales del lugar.

Ampliación de la longitud de la acequia con tractor de cadenas

Esta obra consiste en el alargamiento de un canal de tierra, aumentando la longitud de uno ya existente, y así la superficie de infiltración.

Construcción de acueducto de mampostería hidráulica

Esta actuación se lleva a cabo en los puntos donde las acequias atraviesan barrancos en los que pierden gran cantidad de agua. Primero se construyen dos zapatas que servirán de base a los pilares, sobre los que irá apoyado el acueducto y después una zapata. Los pilares se harán de mampostería hidráulica. Sobre ellos se apoyarán perfiles de acero, colocando entre ellos bloques de entrevigado. Encima se construye la caja de sección rectangular por la que va a circular el agua. La solera es de hormigón armado y los laterales son de mampostería hidráulica.

Colocación de compuertas de hierro en los partidores

Esta obra consiste en la colocación de unas compuertas de acero en los partidores. Para ello se deben construir unos pequeños muretes de mampostería hidráulica, insertando en ellos las guías de metal por las que se desplaza la compuerta de metálica con un asa en la parte superior y con una cadena soldada introducida en el mortero para sujetar la compuerta.

Construcción de desagües en la pista que cruza la sima

Esta obra consiste en la instalación en las zonas de vertido en sumideros y simas de una serie de desagües para evitar que el agua que aflora en esta zona se concentre toda en un solo punto, facilitando así su infiltración. Los tubos de desagüe atraviesan la pista.

Arreglo del margen de la acequia y habilitación de una senda

Esta obra consiste en la realización de todas las operaciones necesarias para conseguir que el tránsito a pie por el borde de la acequia sea cómodo. Se incluyen pequeños movimientos de tierras, construcción de pequeños muros de mampostería en seco, etc. El camino facilita el mantenimiento del sistema de acequias.

Restauración vegetal

La restauración más común es con estaquillas de sauce en la zona inmediata a la acequia, plantadas en su borde exterior con una distancia de separación de 1m a modo de vegetación de ribera. Se dejan alcorques alrededor de la planta para facilitar su captación de agua y se vallan con malla ganadera y postes para impedir que el ganado destruya las estaquillas.

9. Conclusiones

Las acequias de careo o careos constituyen un sistema de recarga artificial de acuíferos específico. Su trazado es estudiado minuciosamente, y bien tienden a conducir el agua de cursos fluviales a simas y sumideros o bien serpentean por formaciones detríticas permeables con terrenos de labor, o por zonas de cabecera de un sistema de abastecimiento urbano. El sustrato suele estar constituido por materiales calcáreos carstificados, o impermeables del macizo metamórfico donde están enclavadas, aprovechando las surgencias en los contactos aflorantes y zonas de falla. En ocasiones discurren por terrenos con baja capacidad de infiltración, donde presentan en su fondo abundancia de arcillas o bien hormigón. La topografía es el condicionante principal del diseño y trazado de las acequias, quedando su geología relegada a un segundo plano.

La gestión de los sistemas de acequias está mancomunada y existe un acequero a cargo de las compuertas. En cuanto a su diseño, hay una serie de criterios constructivos básicos marcados por el uso de mampostería hidráulica, empleo de elementos naturales propios del terreno así como piedras talladas y lajas.

En cuanto a su estado de preservación, en general presentan abundantes deterioros de carácter geotécnico, dada la alta actividad geotectónica de la zona, por lo que es preciso su mantenimiento continuado, que ha sido posible gracias al sistema de riego instaurado y gestionado por comunidades de regantes desde la Edad Media. En las zonas de peor acceso su grado de preservación suele ser más alto, si bien están sometidas a deterioro por efecto del hielo (crioclastia). Hay además problemas por movimientos de ladera, caída de rólidos que taponan o rompen los conductos, embalsamientos, acarcavamientos, erosión remontante, etc. Estas zonas invitan al empleo de nuevos materiales (tuberías de PVC, polietileno, etc.).

La principal acequia es la acequia Real. Algunas más pequeñas están sufriendo un proceso de abandono cada vez más acusado, y su abandono definitivo no parece muy lejano en el tiempo en las circunstancias actuales.

Cada acequia se gestiona de manera independiente y carecen en general de inscripciones en las Comisaría de Aguas de sus respectivas Confederaciones Hidrográficas. La situación de las Comunidades de Regantes, principales protectores del sistema de acequias, es muy precaria. Hay muy pocos regantes, estos disponen de recursos muy escasos, la agricultura está en un proceso de abandono muy acusado y además, al no estar varias comunidades legalmente constituidas, no hay forma de obtener fondos para el mantenimiento de los sistemas de acequias, quedando externalizado una parte del gasto a cargo del Parque Nacional de Sierra Nevada, y por ende, a los presupuestos generales del estado.

Se ha tipificado un sistema de restauración, de manera que las actuaciones preserven el sistema tradicional en cuanto a materiales y sistema de ejecución en la medida de lo posible, aumentando su efectividad para la recarga artificial y durabilidad mediante nuevos materiales.

La introducción de nuevos materiales conlleva que se estén perdiendo los conocimientos para gestionar las acequias con técnicas y procedimientos tradicionales con rapidez.

Ecológicamente, la vegetación riparia va sustituyendo a los tradicionales castaños en las márgenes de las acequias.

Las actuaciones de restauración llevadas a cabo por el Parque Nacional y el Grupo Tragsa han quedado distribuidas en diferentes zonas de Sierra Nevada, especialmente en la Alpujarra Seca, zona donde las acequias de careo están mejor representadas. Dentre los ejemplos existentes cabe destacar Trevélez como ejemplo de La Alpujarra Húmeda o Alta (Delaigue, 1995). y Bérchules, Mecina-Bombarón y Valor como ejemplos de la Alpujarra Seca.

De todo el inventario de acequias realizado por el PN Sierra Nevada y el Grupo Tragsa en el año 2000, cabe destacar que de las 127 inventariadas 23 son de careo, y algunas están fuertemente deterioradas, destacando las cuatro citadas (restauradas con técnicas tradicionales) como ejemplos de este sistema histórico de gestión y recarga artificial. Solo en aquellos tramos con abundancia de procesos de ladera inestables, de tajos, o que es preciso impermeabilizar por fugas en zonas yermas, cabe recurrir al empleo de nuevos materiales.

La impermeabilización de los canales en tramos conservativos representa un impacto negativo para la vegetación de los márgenes, de ahí que en muchas ocasiones no sean hormigonados en su totalidad. Las únicas acequias impermeables al 100 % son aquellas que pueden representar riesgos sobre algunas poblaciones (ej. la acequia Nueva de Trévez, cuyas filtraciones afectan a casas del pueblo y una rotura eventual representa un riesgo). En zonas de acceso muy difícil o peligroso también han sido hormigonadas e impermeabilizadas para minimizar las operaciones de mantenimiento y aumentar la seguridad de los acequeros, quienes acceden a las compuertas por enclaves muy agrestes.

La mampostería hidráulica se ajusta bien a ciertas obras, proporciona gran duración y una mayor facilidad para el mantenimiento posterior que otros métodos tradicionales.

Resultaría importante preservar y mantener estos sistemas de acequias de careo, dado su alto valor histórico y medioambiental, recurriendo si es preciso a la externalización de los gastos en concepto de costes ambientales.

10. Agradecimientos

A los técnicos de la oficina de proyectos de TRAGSA- Granada, Santos Elola, Joaquín Prieto y Salvador Malpartida, coordinadores del inventario y quienes nos instaron a emprender una serie de viajes maravillosos en busca de acequias de careo. Algunos de los aspectos contemplados en el artículo están enmarcados en el proyecto de I+D+i 00/13.223 del Grupo Tragsa.

11. Bibliografía

- AL- MUDAYNA (1991). *“Historia de los regadíos en España”*. Ministerio de agricultura, pesca y alimentación. IRYDA.
- AYUSO MUÑOZ, J. L., et al. (1986). *“La agricultura de escorrentía en el Sureste andaluz”*. II Simposio sobre el agua en Andalucía. Departamento de hidrogeología. Facultad de Ciencias. Universidad de Granada. Granada.
- BEN SBIH, Y. y PULIDO BOSCH, A. (1996). *“Papel de los careos en la gestión de las aguas de La Alpujarra”*. 1º Conferencia Internacional Sierra Nevada.
- CANO-MANUEL LEÓN, J. (2000). *“Las acequias de Sierra Nevada”*. Informe técnico del Organismo Autónomo de Parques Nacionales, Parque Nacional de Sierra Nevada-TRAGSA.
- CARA BARRIONUEVO, L. (1989). *“El agua en zonas áridas. Arqueología e historia”*. Actas del 1º coloquio de historia y medio físico. Instituto de Estudios Almerienses. Departamento de historia. Almería.
- CASTILLO MARTÍN, A., DEL VALLE, M. RUBIO CAMPOS, J.C. FERNANDEZ RUBIO, R. (1996). *“Síntesis hidrológica del macizo de Sierra Nevada”*. 1º Conferencia Internacional Sierra Nevada.
- DELAIGUE, M. C. (1995). *“La red de acequias de La Alpujarra Alta. El agua en la agricultura de Al-Andalus”*. El legado andalusí. Granada.
- DÍAZ-MARTA, M. (1989). *“Esquema histórico de la ingeniería y la gestión del agua en España”*. Revista de OP nº 13, España y el Agua I. Otoño 1989 pg.8-23.
- ESPINAR MORENO, M., (1988). *“Aproximación al conocimiento del regadío alpujarreño”*. Noticias de la taha de Juviles. Sierra Nevada y su entorno. Actas del encuentro hispano-francés sobre Sierra Nevada. Granada.

- FERNÁNDEZ ESCALANTE, A.E. (2005). *“Recarga artificial de acuíferos en cuencas fluviales. Aspectos cualitativos y medioambientales. Criterios técnicos derivados de la experiencia en la Cubeta de Santiuste (Segovia)”*. Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid. Enero de 2005.
- FERNÁNDEZ ESCALANTE, A. E., GARCÍA, M. Y VILLARROYA, F. (2005). *“The “careos” from Alpujarra (Granada, Spain), a historical example of artificial recharge previous to XIII century applicable to the XXI century. Characterization and inventory”*. ISMAR 5 proceedings. 5th International Symposium on management of aquifer recharge. Berlín, 2005 (12-16 june).
- GONZÁLEZ AYESTARÁN, R. (2000). *“Las acequias de Lanjarón en la Alpujarra de Granada”*. Proyecto fin de carrera. E.T.S.I. Montes. Madrid.
- GRUPO TRAGSA (2000). *“Pliego de prescripciones técnicas para las actuaciones en la red de acequias de Sierra Nevada”*. Documento interno no publicado.
- JUNTA DE ANDALUCÍA (2004). *“Ortofotografía Digital de Andalucía”*. Provincia de Granada, escala 1:20.000 (2001-2002). Versión DVD.
- NAVARRO PÉREZ, L.C. (1983). *“Algunos aspectos del uso y distribución de las aguas de Almería: siglo XVI-XVIII”*, Almotacin, 2, pp. 83-88.
- VIDAL CASTRO, F. (1995). *“El agua en el derecho islámico. Introducción a sus orígenes, propiedad y uso”*. El agua en la agricultura de al-Andalus, pp. 99-117.

ANEXO 1. REFERENCIAS HISTÓRICAS

Algunos ejemplos de la utilización de la red de acequias figuran en crónicas históricas:

- El documento más antiguo sobre repartimiento de agua en la comarca, publicado por M. Espinar Moreno, 1987, p. 251-252: 533, luna de Ramadán (1 de mayo de 1139):

“Los vecinos más representativos de las alquerías del río de Alhama de Guadix ratifican ante las justicias el reparto del agua que baja de Sierra Nevada entre los diversos lugares”

Archivo de la Real Chancillería de Granada, 3^a -325-3

.../“Que toman los del alquería de Lares toda el agua que lleva la dicha açequia cada dia de sabado en todo tiempo para syenpre. E lo restante dello () Bizar. E toman los del alqueria de Agrayena e Cabçon ()la açequia segunda del partimiento suso dicho para regar las tierras que tienen en las alquerias suso dichas, en esta manera. Que toman los del alqueria de Cabçon toda el agua que lleva la dicha açequia syete dias en cada mes, por la costumbre que tienen, por la diferència de los dias y noches, quatro dias dellos () al prinçipio del. E lo restante a los del alqueria de Agrayena.

- Los vecinos de las alquerías de Abla y Abrucena se concertaron para respetar el repartimiento de las aguas del ría Abrucena. Firmaron el documento las personas más representativas de cada lugar.

Archivo de la Real Chancillería de Granada, 501-121-15

(Inserto en pleito de aguas de 1533)

(publicado por M. Espinar Moreno, 1987, p. 89-90)

1º día de la luna del año 757 (5 de enero de 1356)

“Con el nonbre de Dios, piadoso e misericordioso, aviendose movido pleyto entre los vesynos de Abla e la Bruçena, ¡que Dios guarde!, sobre el agua con que riegan sus heredades, e fue largo su pleyto e creçieron sus palabras, fasta que encontraron entre ellos quien por serviçio de Dios les rogaron que fuesen amigos e se conçertaran, e con esto conçertaron en que fueron contentos los de Abla de los de la Bruçena con la una terçia parte del agua que naçe en la Syerra de Solayre, e va al río de la Bruçena e de Abla, la cual an de tomar los señores de los heredamientos que tovieran heredad a doquier que estovieren, e otros qualesquier del molino del alqueria

de la Bruçena, en el lugar que dizen el Macharab. E que lo partan conforme a seido en ello la costunbre antigua, e el que tobiere agua de los vesinos de los dichos dos lugares, de la Bruçena suso dicho, e lo lleven por el açequia de Abla, e que tomen tanta agua como lo que an de juntar, e rieguen con ella donde quesyeren de las heredades que estuvieren en Abla, esto todos los dichos que tuvieren neçesydad de ser regar lo senbrado en ella, e desque pueda pasar los senbrado syn se regar se quite de Abla en el Macharab e se eche por las açequias de la Bruçena e Jarales, e rieguen con ella lo que tovieran neçesidad de se regar en Gixar Xarales de arboles e otras cosas que en el estio senbraren, e que el agua que de lo suso dicho sobrare sea para la Bruçena, e que sy sobrare algun agua despues de los suso dicho se eche por la açequia para syenpre, esto de que oviere mengua o falta de agua”.